

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-156395

(43)Date of publication of application : 08.06.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/183

(21)Application number : 2000-089393

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 28.03.2000

(72)Inventor : YOKOUCHI NORIYUKI

KASUKAWA AKIHIKO

(30)Priority

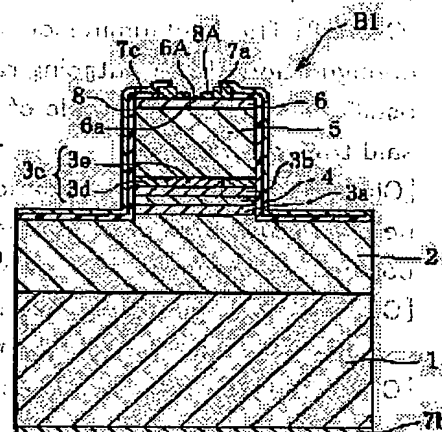
Priority number : 11259067 Priority date : 13.09.1999 Priority country : JP

## (54) SURFACE EMISSION SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a surface emission semiconductor laser element in which oscillation transverse mode can be controlled.

**SOLUTION:** A layer structure of a semiconductor material, where an emission layer 4 is sandwiched between upper and lower reflector layer structures 5; 2, is formed on a substrate 1. An opening located above the upper reflector layer structure 5 is coated with layers, e.g. dielectric films 8, 8A, transparent for the oscillation wavelength of laser light to form a laser light outgoing window 6A. Oscillation transverse mode of laser light can be controlled by varying the plan view of the outgoing window 6A.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3566902

[Date of registration] 18.06.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The layer system of the semiconductor material which has arranged the luminous layer between an up reflecting mirror layer system and a lower reflecting mirror layer system is formed on a substrate. Above said up reflecting mirror layer system in the field luminescence semiconductor laser component from which the up electrode with which the plane view configuration carried out the annulus ring configuration is formed, and the inside of said up electrode has become opening. Said opening is the field luminescence semiconductor laser component characterized by covering a front face and forming the transparent layer to the oscillation wavelength of an oscillation laser beam a part.

[Claim 2] The field luminescence semiconductor laser component of claim 1 by which the plane view configuration of the outgoing radiation aperture of an oscillation laser beam is changed, and the oscillation transverse mode of a laser beam is controlled by changing the plane view configuration of said transparent layer.

[Claim 3] The formation location of said transparent layer which a current impregnation path is formed near said luminous layer, and is formed in said opening is the field luminescence semiconductor laser component of claims 1 or 2 contained in the plane view configuration of said current impregnation path.

[Claim 4] One field luminescence semiconductor laser component of claims 1-3 to which said transparent layer changes from the dielectric film of at least one layer.

[Claim 5] The field luminescence semiconductor laser component of claim 4 said whose dielectric film is  $\text{SiN}_x$ ,  $\text{SiO}_x$ ,  $\text{AlO}_x$ ,  $\text{TiO}_x$ , or  $\text{MgO}$  and  $\text{MgF}$ .

[Claim 6] One field luminescence semiconductor laser component of claims 1-5 from which the thickness of said transparent layer is the thickness equivalent to  $(2i+1) / 4n$  time of the oscillation wavelength of an oscillation laser beam (however,  $n$  expresses the refractive index of a transparent layer and  $i$  expresses an integer).

[Claim 7] One field luminescence semiconductor laser component of claims 1-5 by which the thickness of said transparent layer is the thickness equivalent to the  $2i/4n$  time (however,  $n$  expresses the refractive index of a transparent layer and  $i$  expresses the natural number) of the oscillation wavelength of an oscillation laser beam, and the metal membrane is formed on said transparent layer.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the field luminescence semiconductor laser component in which transverse-mode control of the laser beam to oscillate is possible in more detail about a field luminescence semiconductor laser component.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although research which aims at implementation of optical data telecommunication system construction of construction of a mass optical-communication network or an optical interconnection, optical computing, etc. is advanced recently, the field luminescence semiconductor laser component manufactured using a GaAs substrate as those light sources attracts attention.

[0003] One example A of the fundamental layer system of such a field luminescence laser component is shown in drawing 11 . With this component A, the lower reflecting mirror layer system 2 from which a presentation differs and which carries out the laminating of the thin layer of AlGaAs of n mold by turns, for example, and changes is formed on the substrate 1 which consists, for example of the n mold GaAs. And on this lower reflecting mirror layer system 2, the laminating of lower cladding layer 3a which consists of AlGaAs of i mold, the luminous layer 4 which consists of the quantum well structure formed by GaAs/AlGaAs, and the up cladding layer which consists of AlGaAs of i mold 3b is carried out one by one. Furthermore, after the up reflecting mirror layer system 5 from which a presentation differs and which carries out the laminating of the thin layer of AlGaAs of p mold by turns, for example, and changes is formed on this up cladding layer 3b, the GaAs layer 6 of p mold is formed in the front face of the maximum upper layer of this up reflecting mirror layer system 5, and the whole layer system is constituted. And even if there are few above-mentioned layer systems, etching clearance of the part until it reaches the top face of the lower reflecting mirror layer system 2 is carried out, and the column-like layer system is formed in the center section.

[0004] Up electrode 7a of the annulus ring configuration which consists of AuZn near the periphery section of the top face of the GaAs layer 6 in the layer system of the shape of a column located in the center is formed, and lower electrode 7b which consists of AuGeNi/Au is formed in the rear face of a substrate 1. The periphery section located in the outside of up electrode 7a among the whole front face among the side face of the pillar-shaped section and the front face of the GaAs layer 6 and for example, by being covered with the dielectric film 8 which consists of SiNx a part of GaAs layer 6 — pad 7c for electrode drawers which the part inside surface 6a, i.e., up electrode 7a, is circular opening 6C which functions as an outgoing radiation aperture of a laser beam, and covers the front face of up electrode 7a and a dielectric film 8 further, for example, consists of Ti/Pt/Au is formed.

[0005] Moreover, in this laser component A, layer 3c located in the location nearest to the lowest layer 4 of the up reflecting mirror layer system 5, i.e., a luminous layer, is formed by AlAs of p mold. And among this AlAs layer 3c, the plane view configuration is carrying out the annulus ring configuration, the outside periphery part has become 3d of insulating regions which make a subject aluminum 2O3 formed by oxidizing only the AlAs layer concerned selectively, and the current constriction structure over a luminous layer 4 is formed of that.

[0006] In this laser component A, by operating up electrode 7a and lower electrode 7b, the laser oscillation in a luminous layer 4 happens, and that laser beam passes the GaAs layer 6, and oscillates it to the vertical upper part of a substrate 1 like an arrow head from that surface partial 6a (outgoing radiation aperture of a laser beam).

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in order to incorporate a field luminescence semiconductor laser component as the light source of a lightwave transmission system, it is required to control the oscillation transverse mode of the laser beam oscillated from the laser component concerned. For example, the case of the lightwave transmission system between boards which the laser component stabilized and oscillated by the high order transverse mode was needed as the light source in the case of the data link using a multimode optical fiber, and applied space propagation, and in the case of the high-speed lightwave transmission system using single-mode optical fiber, the laser component which carries out a basic transverse-mode oscillation is needed as the light source.

[0008] Conventionally, the oscillation transverse mode of the field luminescence semiconductor laser component of the above-mentioned structure is controlled by size of the current constriction structure shown by drawing 11. It is controlling by size of current impregnation path 3e from which the plane view configuration located in a core is a round shape by specifically changing the width of face of the annulus ring of 3d of insulating regions which carried out the annulus ring configuration. For example, in the case of the laser component oscillated by the basic transverse mode, to make the above-mentioned diameter of current impregnation path 3e into 5-micrometer or less extent is needed.

[0009] However, if it is made a small value which described above the diameter of current impregnation path 3e, since the resistance as a laser component will become high after all, the inconvenience that the operating voltage becomes high arises. Moreover, controlling the size of the diameter of current impregnation path 3e by mum order to accuracy means controlling the width of face of 3d of insulating regions, i.e., the oxidation width of face in AIAs layer 3c, to accuracy. However, it is quite difficult to control this oxidation width of face by mum order. Therefore, dispersion arises in the property of the manufactured laser component, and a problem arises in respect of repeatability.

[0010] In addition, if the diameter of a current impregnation path is enlarged in the case of the laser component oscillated by the multimode, in order that the oscillation transverse mode may switch at the time of current impregnation, a noise will occur, and the problem that an optical transmission property deteriorates will also be produced. This invention is equipped with the new oscillation transverse-mode controlling mechanism which can solve the above-mentioned problem in the conventional field luminescence semiconductor laser component which is controlling the oscillation transverse mode by size of current impregnation path 3e, and also aims manufacture at offer of an easy field luminescence semiconductor laser component compared with the former.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, it sets to this invention. The layer system of the semiconductor material which has arranged the luminous layer between an up reflecting mirror layer system and a lower reflecting mirror layer system is formed on a substrate. Above said up reflecting mirror layer system In the field luminescence semiconductor laser component from which the up electrode with which the plane view configuration carried out the annulus ring configuration is formed, and the inside of said up electrode has become opening A front face is covered in part and the field luminescence semiconductor laser component characterized by the thing of said opening for which the transparent layer is formed to the oscillation laser beam is offered.

[0012] Said transparent layer consists of the dielectric film of at least one layer preferably. Again The field luminescence semiconductor laser component by which the formation location of said transparent layer which a current impregnation path is formed near said luminous layer, and is formed in said opening is included in the plane view configuration of said current impregnation path, The thickness of said transparent layer Moreover,  $(2i+1) / 4n$  time of the oscillation wavelength of a laser beam The field luminescence semiconductor laser component which has thickness equivalent to (however, n expresses the refractive index of a transparent layer and i expresses an integer), The field luminescence semiconductor laser component by which the metal membrane is formed further is offered on the transparent layer the thickness of whose is the  $2i/4n$  time (however, n expresses the refractive index of

a transparent layer and  $i$  expresses the natural number) of the oscillation wavelength of a laser beam.  
[0013]

[Embodiment of the Invention] In the up reflecting mirror layer system in which, as for the field luminescence semiconductor laser component of this invention, opening is formed It is based on the technical thought that what the reflection factor of a part [ a part ] to make it starting laser oscillation is reduced for (that is, a multiple echo is carried out) performs oscillation transverse-mode control. To eye others A means to prepare a transparent layer (henceforth an only transparent layer) to the oscillation wavelength of the laser beam oscillated on a front face in part of the above-mentioned opening which functions as an outgoing radiation aperture of a laser beam is provided.

[0014] Here, although various kinds of ingredients by relation with the oscillation wavelength of a laser beam will be consisted of as the above-mentioned transparent layer, the dielectric film which consists of the dielectric which makes  $\text{SiNx}$ ,  $\text{SiOx}$ ,  $\text{AlOx}$ ,  $\text{TiOx}$ , and  $\text{MgO}$  and  $\text{MgF}$  the example of representation can be raised as a suitable example. Moreover, ITO (indium-stannic-acid ghost) can also be used as an ingredient of a transparent layer. When a transparent layer is formed by ITO, this transparent layer can also be operated as an electrode. In addition, in the case of this dielectric film, it may be one layer and may have a laminated structure more than two-layer.

[0015] The case where a transparent layer is a dielectric film is hereafter made into an example, it \*\* on a drawing, and the field luminescence semiconductor laser component of this invention is explained.

Drawing 1 shows 1 example B1 of the laser component of this invention, and drawing 2 shows another example B-2. In the case of these components B1 and B-2, all of the layer system are the same as that of the component A shown by drawing 11 . However, it differs from the case where the plane view configuration of the outgoing radiation aperture of a laser beam is drawing 11 , by forming the dielectric film also in the front face of opening 6C which was explained with Component A and which functions as outgoing radiation aperture 6a of a laser beam.

[0016] The component B1 has the structure where outgoing radiation aperture 6A with a more new minor diameter with a circular plane view configuration was formed, by forming dielectric film 8A to which the plane view configuration is making the annulus ring configuration opening located inside up electrode 7a. And component B-2 is the thing of the structure where new outgoing radiation aperture 6B to which the plane view configuration is carrying out the annulus ring configuration was formed, by forming dielectric film 8B with a circular plane view configuration in the core of the GaAs layer 6 expressed from opening 6C.

[0017] Here, when the oscillation wavelength of the laser beam by the component B1 (B-2) is  $\lambda$ , as for the thickness of the above-mentioned dielectric film 8A (8B), it is desirable that it is the thickness approximated to the  $\lambda \times (2i+1)/4n$  time value. In addition, in the above-mentioned formula,  $n$  expresses the refractive index of the dielectric which constitutes dielectric film 8A (8B), and  $i$  expresses integers, such as 0, 1, 2, and ....

[0018] If it is such a plane view configuration and dielectric film 8A (8B) of such thickness is formed in the maximum top face, the effectual reflection factor of the up reflecting mirror layer system located directly under this dielectric film 8A (8B) will fall. And as a result, laser oscillation will happen only directly under dielectric film 8A (8B), and the oscillation transverse mode will be controlled.

[0019] The plane view configuration of this dielectric film is not limited to the type illustrated above, and can be made into a proper configuration. In addition, if a metal membrane like Au, Ti, and Cr is prepared on these thickness  $\lambda \times 2i/4n$  dielectric films, since the above-mentioned effectiveness of reflection factor lowering will improve and oscillation transverse-mode control of a laser beam will be demonstrated more by validity, it is suitable.

[0020] Thus, since the dielectric film (transparent layer) formed in opening 6C demonstrates the operation effectiveness which was described above, when it is projected caudad, it is desirable [ a dielectric film / the formation location ] to be contained in the plane view configuration of current impregnation path 3e which regulates the laser oscillation in a luminous layer 4. It is because the

effectual reflection factor of the up reflecting mirror layer system located directly under a dielectric film is made to fall certainly, it has it to the laser beam oscillated via current impregnation path 3e and the soundness about control of the oscillation transverse mode improves.

[0021]

[Example] (1) The laser component shown in the structural drawing 1 of a laser component was manufactured as follows. The oscillation wavelength of this laser component is designed so that it may be set to 850nm. the n mold GaAs substrate 1 top — MOCVD — the lower reflecting mirror layer system 2 which carries out the laminating of the thin layer with a thickness of 40nm of n mold aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As and n mold aluminum<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As with a thickness of 50nm by turns by law, making a presentation inclined layer with a thickness of 20nm placed between hetero interfaces, and consists of the multilayer of 30.5 pairs was formed. Subsequently, lower cladding layer 3a which consists of non-dope aluminum<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As on this (thickness of 97nm), the luminous layer 4 of the quantum well structure which consisted of a GaAs quantum well (thickness of 7nm of each class) of three layers, and an aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As barrier layer (thickness of 8nm of each class) of four layers — non, after carrying out the laminating of the up cladding layer 3b (thickness of 97nm) which consists of dope aluminum<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As one by one Furthermore, the up reflecting mirror layer system 5 which carries out the laminating of the thin film with a thickness of 40nm of p mold aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As and p mold aluminum<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>As with a thickness of 50nm by turns, making a presentation inclined layer with a thickness of 20nm placed between hetero interfaces, and consists of the multilayer of 25 pairs on it was formed.

[0022] And the laminating of the p mold GaAs layer 6 was carried out on the p mold aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As layer which is the maximum upper layer in this up reflecting mirror layer system 5. In addition, lowest layer 3c of the above-mentioned up reflecting mirror layer system consisted of p molds AlAs with a thickness of 50nm. Next, after forming SiNx film 8a by the plasma-CVD method on the front face of the p mold GaAs layer 6 in these layer systems, the circular resist mask 9 with a diameter of about 45 micrometers was formed with the photolithography using the usual photoresist on it ( drawing 3 ).

[0023] Subsequently, after carrying out etching clearance of the SiNx film 8a other than the SiNx film directly under [ above-mentioned resist mask the 9 ] RIE using CF<sub>4</sub>, the resist mask 9 was removed altogether, and the front face of the GaAs layer 6 whose plane view configuration is an annulus ring configuration was made to express. And SiNx film 8a was used as the mask, etching processing until it results in the lower reflecting mirror layer system 2 using the etchant which consists of the mixed liquor of a phosphoric acid, a hydrogen peroxide, and water was performed, and the columnar structure was formed ( drawing 4 ).

[0024] And this layer system was heated for about 25 minutes at the temperature of 400 degrees C in the steam ambient atmosphere. Only the outside periphery section of p mold AlAs layer 3c oxidized selectively in a circle, and current impregnation path 3e whose diameter is about 15 micrometers was formed in the core ( drawing 5 ). Subsequently, after RIE removes SiNx film 8a thoroughly, a plasma-CVD method covers the whole front face by the SiNx film 8. Then, remove the SiNx film 8 currently formed in the top face of the GaAs layer 6 with a diameter of about 35 micrometers in an annulus ring configuration with an outer diameter [ of 25 micrometers ], and a bore of 15 micrometers, and the front face of the GaAs layer 6 is made to express. Up electrode 7a which vapor-deposited AuZn and carried out the annulus ring configuration was formed there, only the front face of the outside of up electrode 7a was further covered with the SiNx film 8, and pad 7c for electrode drawers was further formed by Ti/Pt/Au on it ( drawing 6 ).

[0025] In addition, the refractive index of SiNx was 1.75, and since the oscillation wavelength of a component was 850nm, the thickness of the SiNx film 8 at this time was set to the value when making it  $i = 0$  in above mentioned formula:  $(2i+1) / 4n$ , i.e., 121nm. Subsequently, by applying photolithography and RIE to the SiNx film located inside up electrode 7a, the circular stoma with a diameter of 6 micrometers

was drilled in the core, and other SiNx film 8A left, expressed the front face of the GaAs layer 6, formed outgoing radiation aperture 6A, and manufactured the component B1 shown by drawing 1 . This is made into an example 1.

[0026] Moreover, the aperture of a stoma was set to 10 micrometers and outgoing radiation aperture 6A was formed. This is made into an example 2. Moreover, by leaving with a diameter of 6 micrometers partial 8B to a core, and removing all other parts to the SiNx film located inside up electrode 7a, outgoing radiation aperture 6B which carried out the annulus ring configuration with an outer diameter [ of 15 micrometers ] and a bore of 6 micrometers was formed, and component B-2 shown by drawing 2 was manufactured. This is made into an example 3.

[0027] After it grinds the rear face of a substrate 1 in [ any ] an example component and it sets the whole thickness to about 100 micrometers, AuGeNi/Au is vapor-deposited to the polished surface, and lower electrode 7b is formed in it. In addition, by making into about 30 minutes oxidation time amount of AlAs layer 3c described above for the comparison, oxidation width of face of the AlAs layer 3c concerned was enlarged, and the diameter of current impregnation path 3c was set to about 5 micrometers, and opening 6C with a diameter of 15 micrometers was formed on the GaAs layer 6, and the component A shown by drawing 11 which sets this to outgoing radiation aperture 6a was manufactured. Let this be the example 1 of a comparison. Moreover, in the component of an example 1, the component A which removes all the SiNx film located inside up electrode 7a, considers as opening with a diameter of 15 micrometers, and sets this to outgoing radiation aperture 6a was manufactured. Let this be the example 2 of a comparison. As mentioned above, the current impregnation path in five kinds of components and the dimension configuration of an outgoing radiation aperture are collectively shown in a table 1.

[0028]

[A table 1]

	柱状構造 の直径 ( $\mu\text{m}$ )	上部電極の寸法		電 流 注 入 経路の直径 ( $\mu\text{m}$ )	出射窓の形状
		内径 ( $\mu\text{m}$ )	外径 ( $\mu\text{m}$ )		
実施例 1	3 5	1 5	2 5	1 5	直径 6 $\mu\text{m}$ の円形状
実施例 2	3 5	1 5	2 5	1 5	直径 1 0 $\mu\text{m}$ の円形状
実施例 3	3 5	1 5	2 5	1 5	外形 1 5 $\mu\text{m}$ , 内径 6 $\mu\text{m}$ の円環形状
比較例 1	3 5	1 5	2 5	5	直径 1 5 $\mu\text{m}$ の円形状
比較例 2	3 5	1 5	2 5	1 5	直径 1 5 $\mu\text{m}$ の円形状

[0029] (2) the characterization 1 of a laser component — the current-voltage characteristic and the current-optical output property in an example 1 and the example 1 of a comparison are first shown in drawing 7 . A continuous line carries out the current-voltage characteristic among drawing, and the broken line is carrying out the table of the current-optical output property, respectively. In addition, also in any of an example 1 and the example 1 of a comparison, oscillation mode was the basic transverse mode.

[0030] As contrasted with the example 1 of a comparison, operating voltage is low, for example, the operating voltage in 5mA is about 1.8V, and that of an example 1 is quite low compared with 2.4V of the example 1 of a comparison so that clearly from drawing 7 . This is because resistance in the part is low compared with the example 1 of a comparison whose diameter of a current impregnation path the diameter of the current impregnation path of an example 1 is 15 micrometers, and is 5 micrometers. Moreover, in a current-optical output property, although a threshold current is high a little compared with the example 1 of a comparison in the case of an example 1, the optical output is increasing, without being saturated until a current is set to about 10mA. Since resistance [ / near the current impregnation path ] is low, this is considered to be the effectiveness based on generation of heat being controlled.

[0031] 2) Express the current-voltage characteristic and the current-optical output property in examples 2 and 3 and the example 2 of a comparison to drawing 8 below, respectively. A continuous line

carries out the current-voltage characteristic among drawing, and the broken line is carrying out the table of the current-optical output property, respectively. Between examples 2 and 3 and the example 2 of a comparison, a difference remarkable in both the above-mentioned properties is not accepted so that clearly from drawing 8. Then, the luminescence near-field pattern was observed about each component of examples 2 and 3 and the example 2 of a comparison. The result in the case of 7mA of operating currents was shown in drawing 9, and the result in the case of 15mA of operating currents was shown in drawing 10, respectively.

[0032] In addition, in drawing 9 and drawing 10, as for Image a, an example 3 and Image c show the case of the example 2 of a comparison, respectively, as for an example 2 and Image b. By the image c in the case of the example 2 of a comparison, many luminescence spots were accepted in the periphery section, and it has switched by current impregnation so that clearly from drawing 9 and drawing 10. In the case of the image a of an example 2, there are few luminescence spots, and, moreover, they are concentrated on the core. And switching behavior was not caused even if it enlarged current impregnation.

[0033] In the case of the image b of an example 3, the number of luminescence spots increased compared with the example 2, and, moreover, it is spread as a whole. However, switching behavior was not caused even if it enlarged current impregnation also in the example 3.

[0034]

[Effect of the Invention] In the above explanation, the laser component of this invention is a field luminescence semiconductor laser component in which oscillation transverse-mode control is possible so that clearly, for example, it is the laser component which carries out a basic transverse-mode oscillation with low operating voltage. Moreover, the noise by mode switching is also reduced with the component stabilized and oscillated by the high order transverse mode. Therefore, this field luminescence semiconductor laser component is usable as the light source for parallel data transmissions, and it has it and it contributes to construction of a high-speed light data telecommunication system.

[0035] Moreover, since control of the oscillation transverse mode in the laser component of this invention controls by the plane view configuration of the dielectric film (transparent layer) formed in the whole top face rather than is controlled by size of current constriction structure like before, the design degree of freedom is high, and manufacture is also easy a degree of freedom, and it also reduces the manufacturing cost.

---

[Translation done.]

#### \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

#### DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view of the field luminescence semiconductor laser component of this

invention showing one layer system of B1.

[Drawing 2] It is the sectional view showing the layer system of another example B-2 of the field luminescence semiconductor laser component of this invention.

[Drawing 3] It is the sectional view showing the condition of having formed the SiNx film and a resist mask in the layer system formed on the substrate.

[Drawing 4] It is the sectional view showing the condition of having formed cylinder structure on the substrate.

[Drawing 5] It is the sectional view showing the condition after performing oxidation treatment to the cylinder structure of drawing 4.

[Drawing 6] It is the sectional view showing the condition of having formed the up electrode and the dielectric film in the structure of drawing 5.

[Drawing 7] It is the graph which shows the current-voltage characteristic and the current-optical output property in an example 1 and the example 1 of a comparison.

[Drawing 8] It is the graph which shows the current-voltage characteristic and the current-optical output property in examples 2 and 3 and the example 2 of a comparison.

[Drawing 9] It is the luminescence near-field pattern of the examples 2 and 3 in case the operating current is 7mA, and the example 2 of a comparison.

[Drawing 10] It is the luminescence near-field pattern of the examples 2 and 3 in case the operating current is 15mA, and the example 2 of a comparison.

[Drawing 11] It is the sectional view showing one example A of the conventional field luminescence semiconductor laser component.

[Description of Notations]

1 Substrate

2 Lower Reflecting Mirror Layer System

3a Lower cladding layer

3b Up cladding layer

3c AIAs layer

3d Insulating region

3e Current impregnation path

4 Luminous Layer

5 Lower Reflecting Mirror Layer System

6 GaAs Layer

6a, 6A, 6B Outgoing radiation aperture of a laser beam

6C Opening

7a Up electrode

7b Lower electrode

7c The pad for electrode drawers

8, 8a, 8A, 8B Dielectric film (it is a transparent layer to the oscillation wave of a laser beam)

9 Resist Mask

[Translation done.]

(11)特許出願公開番号:

特開2001-156395  
(P2001-156395A)

(43)公開日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup> .....

識別記号

F I . . .  
H O I S 5/183

テーマート\*(参考)  
5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数7 O.L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-89393(P2000-89393)

(22)出願日 平成12年3月28日(2000.3.28)

(31)優先權主張番号: 特願平11-259067

(32)優先日: 平成11年9月13日(1999.9.13)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 發明者 横内 則之

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(72)発明者 粕川 秋彦

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(74)代理人 100090022

弁理士 長門 侃二

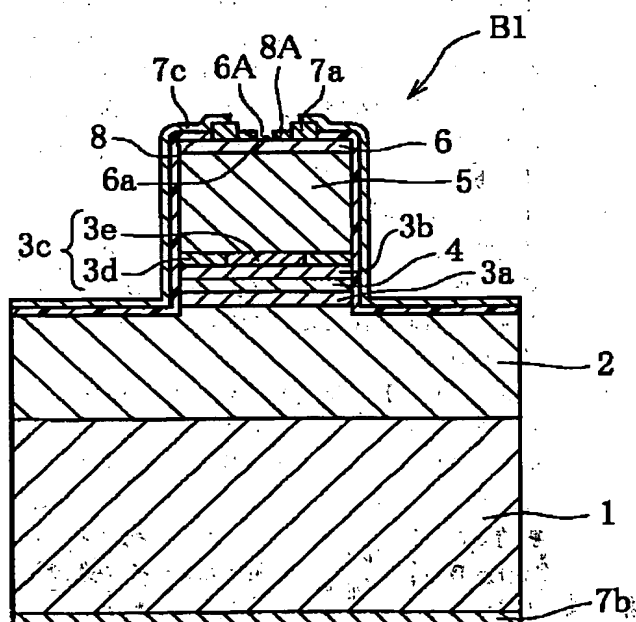
Fターム(参考) 5F073 AA74 AB17 BA01 CA05 CB02  
DA05 DA22 EA18

(54) 【発明の名称】 面発光半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【課題】 発振横モードの制御が可能な面発光半導体レーザー素子を提供する。

【解決手段】 上部反射鏡層構造 2 と下部反射鏡層構造 5 との間に発光層 4 を配置した半導体材料の層構造が基板 1 の上に形成され、上部反射鏡層構造 5 の上部に位置する開口部の一部を、誘電体膜 8、8A のような、レーザ光の発振波長に対して透明な層で被覆してレーザ光の出射窓 6A が形成されていて、出射窓 6A の平面視形状を変化させることにより、レーザ光の発振横モードの制御が可能である面発光半導体レーザ素子。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 上部反射鏡層構造と下部反射鏡層構造との間に発光層を配置した半導体材料の層構造が基板の上に形成され、前記上部反射鏡層構造の上方には、平面視形状が円環形状をした上部電極が形成され、前記上部電極の内側が開口部になっている面発光半導体レーザ素子において、

前記開口部の一部表面を被覆して、発振レーザ光の発振波長に対して透明な層が形成されていることを特徴とする面発光半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記透明な層の平面視形状を変化させることにより、発振レーザ光の出射窓の平面視形状を変化させてレーザ光の発振横モードが制御される請求項1の面発光半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記発光層の近傍には電流注入経路が形成され、前記開口部に形成されている前記透明な層の形成位置は前記電流注入経路の平面視形状の中に含まれている請求項1または2の面発光半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記透明な層が、少なくとも1層の誘電体膜から成る請求項1～3のいずれかの面発光半導体レーザ素子。

【請求項5】 前記誘電体膜が、 $\text{SiN}_x$ 、 $\text{SiO}_x$ 、 $\text{AlO}_x$ 、 $\text{TiO}_x$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{MgF}$ のいずれかである請求項4の面発光半導体レーザ素子。

【請求項6】 前記透明な層の厚みが、発振レーザ光の発振波長の $(2i+1)/4n$ 倍（ただし、 $n$ は透明な層の屈折率、 $i$ は整数を表す）に相当する厚みになっている請求項1～5のいずれかの面発光半導体レーザ素子。

【請求項7】 前記透明な層の厚みが、発振レーザ光の発振波長の $2i/4n$ 倍（ただし、 $n$ は透明な層の屈折率、 $i$ は自然数を表す）に相当する厚みになっており、かつ、前記透明な層の上に金属膜が成膜されている請求項1～5のいずれかの面発光半導体レーザ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は面発光半導体レーザ素子に関し、更に詳しくは、発振するレーザ光の横モード制御が可能な面発光半導体レーザ素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近時、大容量光通信網の構築、または光インターコネクションや光コンピューティングなどの光データ通信システム構築の実現を目指す研究が進められているが、それらの光源として、 $\text{GaAs}$ 基板を用いて製造した面発光半導体レーザ素子が注目を集めている。

【0003】このような面発光レーザ素子の基本的な層構造の1例Aを図11に示す。この素子Aでは、例えばn型 $\text{GaAs}$ から成る基板1の上に、組成が異なる例えばn型の $\text{AlGaAs}$ の薄層を交互に積層して成る下部反射鏡層構造2が形成されている。そして、この下部反

2

射鏡層構造2の上には、例えばi型の $\text{AlGaAs}$ から成る下部クラッド層3a、 $\text{GaAs}/\text{AlGaAs}$ で形成した量子井戸構造から成る発光層4、i型の $\text{AlGaAs}$ から成る上部クラッド層3bが順次積層され、更にこの上部クラッド層3bの上に、組成が異なる例えばp型の $\text{AlGaAs}$ の薄層を交互に積層して成る上部反射鏡層構造5が形成されたのち、この上部反射鏡層構造5の最上層の表面には、p型の $\text{GaAs}$ 層6が形成されて全体の層構造を構成している。そして、上記層構造の少なくとも下部反射鏡層構造2の上面に至るまでの部分がエッチング除去されて、中央部には、柱状の層構造が形成されている。

【0004】中央に位置する柱状の層構造における $\text{GaAs}$ 層6の上面の周縁部近傍には例えば $\text{AuZn}$ から成る円環形状の上部電極7aが形成され、また基板1の裏面には例えば $\text{AuGeNi}/\text{Au}$ から成る下部電極7bが形成されている。そして、全体の表面のうち、柱状部の側面、および、 $\text{GaAs}$ 層6の表面のうち、上部電極7aの外側に位置する周縁部が例えば $\text{SiN}_x$ から成る誘電体膜8で被覆されることにより、 $\text{GaAs}$ 層6の一部表面6a、すなわち上部電極7aの内側の部分がレーザ光の出射窓として機能する円形の開口部6cになっており、更に上部電極7aと誘電体膜8の表面を被覆して例えば $\text{Ti}/\text{Pt}/\text{Au}$ から成る電極引き出し用パッド7cが形成されている。

【0005】また、このレーザ素子Aにおいては、上部反射鏡層構造5の最下層、すなわち発光層4に最も近い場所に位置する層3cは例えばp型の $\text{AlAs}$ で形成されている。そして、この $\text{AlAs}$ 層3cのうち外側の周縁部分は、平面視形状が円環形状をしていて、当該 $\text{AlAs}$ 層のみを選択的に酸化することによって形成された $\text{Al}_2\text{O}_3$ を主体とする絶縁領域3dになっており、そのことによって、発光層4に対する電流狭窄構造が形成されている。

【0006】このレーザ素子Aにおいては、上部電極7aと下部電極7bを動作させることにより、発光層4におけるレーザ発振が起こり、そのレーザ光は $\text{GaAs}$ 層6を通過してその表面部分6a（レーザ光の出射窓）から矢印のように、すなわち基板1の垂直上方に発振していく。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、面発光半導体レーザ素子を光伝送システムの光源として組み込むためには、当該レーザ素子から発振するレーザ光の発振横モードを制御することが必要である。例えばマルチモード光ファイバを用いたデータリンクの場合には、高次横モードで安定して発振するレーザ素子が光源として必要となり、また空間伝搬を適用したボード間光伝送システムの場合や、単一モード光ファイバを用いた高速光伝送システムの場合には、基本横モード発振するレーザ素子

(3)

3

が光源として必要になる。

【0008】従来、上記した構造の面発光半導体レーザ素子の発振横モードは、図11で示した電流狭窄構造のサイズで制御されている。具体的には、円環形状をした絶縁領域3dの円環の幅を変化させることにより、中心部に位置する平面視形状が円形になっている電流注入経路3eの大小で制御している。例えば、基本横モードで発振するレーザ素子の場合、上記した電流注入経路3eの直径は5 $\mu$ m以下程度にすることが必要とされている。

【0009】しかしながら、電流注入経路3eの直径を上記したような小さい値にすると、結局、レーザ素子としての抵抗が高くなるため、その動作電圧が高くなるというような不都合が生じてくる。また、電流注入経路3eの直径の大小を $\mu$ mオーダーで正確に制御するということは、絶縁領域3dの幅、すなわちAlAs層3cにおける酸化幅を正確に制御するということを意味する。しかしながら、この酸化幅を $\mu$ mオーダーで制御することはかなり困難である。そのため、製造したレーザ素子の特性にばらつきが生じ、再現性の点で問題が生ずる。

【0010】なお、マルチモードで発振するレーザ素子の場合、電流注入経路の直径を大きくすると、電流注入時に発振横モードがスイッチングするため雑音が発生し、光伝送特性が劣化するという問題も生ずる。本発明は、電流注入経路3eの大小で発振横モードを制御している従来の面発光半導体レーザ素子における上記した問題を解決することができる新規な発振横モード制御機構を備え、また製造も従来に比べて容易な面発光半導体レーザ素子の提供を目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明においては、上部反射鏡層構造と下部反射鏡層構造との間に発光層を配置した半導体材料の層構造が基板の上に形成され、前記上部反射鏡層構造の上方には、平面視形状が円環形状をした上部電極が形成され、前記上部電極の内側が開口部になっている面発光半導体レーザ素子において、前記開口部の一部表面を被覆して、発振レーザ光に対して透明な層が形成されていることを特徴とする面発光半導体レーザ素子が提供される。

【0012】好ましくは、前記透明な層が少なくとも1層の誘電体膜から成り、また、前記発光層の近傍には電流注入経路が形成され、前記開口部に形成されている前記透明な層の形成位置は前記電流注入経路の平面視形状の中に含まれている面発光半導体レーザ素子、また前記透明な層の厚みが、レーザ光の発振波長の $(2i+1)/4n$ 倍（ただし、 $n$ は透明な層の屈折率、 $i$ は整数を表す）に相当する厚みになっている面発光半導体レーザ素子や、その厚みがレーザ光の発振波長の $2i/4n$ 倍（ただし、 $n$ は透明な層の屈折率、 $i$ は自然数を表す）

4

である透明な層の上に更に金属膜が成膜されている面発光半導体レーザ素子が提供される。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の面発光半導体レーザ素子は、開口部が形成されている上部反射鏡層構造において、レーザ発振を起こさせたくない部分の反射率を低下させる（すなわち、多重反射させる）ことにより発振横モード制御を行うという技術思想に立脚し、そのために、レーザ光の出射窓として機能する上記開口部の一部表面に、発振するレーザ光の発振波長に対して透明な層（以下、単に透明な層という）を設けるという手段を講じたものである。

【0014】ここで、上記した透明な層としては、レーザ光の発振波長との関係で各種の材料で構成されることになるが、SiNx、SiOx、AlOx、TiOx、MgO、MgFを代表例とする誘電体から成る誘電体膜を好適例としてあげることができる。また、透明な層の材料としては、ITO（インジウムスズ酸化物）を用いることもできる。透明な層をITOで形成した場合には、この透明な層を電極として機能させることもできる。なお、この誘電体膜の場合、それは1層であってもよく、2層以上の積層構造になっていてもよい。

【0015】以下、透明な層が誘電体膜である場合を例にして、図面に則して本発明の面発光半導体レーザ素子について説明する。図1は本発明のレーザ素子の1例B1を示し、図2は別の例B2を示す。これらの素子B1、B2の場合、いずれも、その層構造は図11で示した素子Aと同じである。しかしながら、素子Aで説明したレーザ光の出射窓6aとして機能する開口部6Cの表面にも誘電体膜が形成されていることにより、レーザ光の出射窓の平面視形状が図11の場合と異なっている。

【0016】素子B1は、上部電極7aの内側に位置する開口部に平面視形状が円環形状をしている誘電体膜8Aが形成されていることにより、平面視形状が円形である、より小径の新たな出射窓6Aが形成された構造になっている。そして素子B2は、開口部6Cから表出しているGaAs層6の中心部に平面視形状が円形である誘電体膜8Bが形成されていることにより、平面視形状が円環形状をしている新たな出射窓6Bが形成された構造のものである。

【0017】ここで、上記した誘電体膜8A（8B）の膜厚は、素子B1（B2）によるレーザ光の発振波長が $\lambda$ であるとした場合、 $\lambda \times (2i+1)/4n$ 倍の値に近似した厚みであることが好ましい。なお、上記した式において、 $n$ は誘電体膜8A（8B）を構成する誘電体の屈折率を表し、また $i$ は0、1、2、……などの整数を表している。

【0018】最上面に、このような平面視形状で、またこのような膜厚の誘電体膜8A（8B）が形成されていると、この誘電体膜8A（8B）の直下に位置する上部

(4)

5

反射鏡層構造の実効的な反射率が低下する。そして結果的に、誘電体膜8A(8B)の直下でのみレーザ発振が起こることになり、発振横モードが制御されることになる。

【0019】この誘電体膜の平面視形状は、上に例示したタイプに限定されるものではなく、適宜な形状にすることができる。なお、これらの厚み $\lambda \times 2i/4n$ の誘電体膜の上にAu, Ti, Crのような金属膜を設けると、上記した反射率低下の効果が向上してレーザ光の発振横モード制御がより有効に発揮されるので好適である。

【0020】このように、開口部6Cに形成した誘電体膜(透明な層)は上記したような作用効果を発揮するので、その形成位置は、それを下方に投影したとき、発光層4におけるレーザ発振を規制する電流注入経路3eの平面視形状の中に含まれていることが好ましい。電流注入経路3eを経由して発振してくるレーザ光に対して、誘電体膜の直下に位置する上部反射鏡層構造の実効的な反射率を確実に低下せしめ、もって発振横モードの制御に関する確実性が向上するからである。

【0021】

【実施例】(1)レーザ素子の構造

図1で示したレーザ素子を次のようにして製造した。このレーザ素子の発振波長は850nmとなるように設計されている。n型GaAs基板1の上に、MOCVD法で厚み40nmのn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asと厚み50nmのn型Al<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>Asとの薄層をヘテロ界面に厚み20nmの組成傾斜層を介在させながら交互に積層して30.5ペアの多層膜から成る下部反射鏡層構造2を形成した。ついで、この上に、ノンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asから成る下部クラッド層3a(厚み97nm)、3層のGaAs量子井戸(各層の厚み7nm)と4層のAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As障壁層(各層の厚み8nm)で構成された量子井戸構造の発光層4、ノンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asから成る上部クラッド層3b(厚み97nm)を順次積層したのち、更にその上に、厚み40nmのp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asと厚み50nmのp型Al<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>Asとの薄膜をヘテロ界面に厚み20nmの組成傾斜層を介在させながら交互に積層して25ペアの多層膜から成る上部反射鏡層構造5を形成した。

【0022】そして、この上部反射鏡層構造5における最上層であるp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As層の上にp型GaAs層6を積層した。なお、上記した上部反射鏡層構造の最下層3cは、厚み50nmのp型AlAsで構成した。次に、これら層構造におけるp型GaAs層6の表面にプラズマCVD法でSiNx膜8aを成膜したのち、その上に通常のフォトリソを用いたフォトリソグラフィーで直径約45μmの円形レジストマスク9を形成した(図3)。

【0023】ついで、CF<sub>4</sub>を用いたRIEで上記レジ

6

ストマスク9直下のSiNx膜以外のSiNx膜8aをエッチング除去したのちレジストマスク9を全て除去して、平面視形状が円環形状であるGaAs層6の表面を表出させた。そして、SiNx膜8aをマスクにし、リン酸と過酸化水素と水の混合液から成るエッチャントを用いて下部反射鏡層構造2に至るまでのエッチング処理を行って柱状構造を形成した(図4)。

【0024】そして、この層構造を水蒸気雰囲気中において温度400℃で約25分間加熱した。p型AlAs層3cの外側周縁部のみが円環状に選択的に酸化され、その中心部には直径が約15μmの電流注入経路3eが形成された(図5)。ついで、RIEによってSiNx膜8aを完全に除去したのち、全体の表面をプラズマCVD法によりSiNx膜8で被覆し、続いて、直径約35μmのGaAs層6の上面に形成されているSiNz膜8を外径25μm、内径15μmの円環形状に除去してGaAs層6の表面を表出させ、そこにAuZnを蒸着して円環形状をした上部電極7aを形成し、更に上部電極7aの外側の表面のみをSiNx膜8で被覆し、更にその上に電極引き出し用のパッド7cをTi/Pt/Auで形成した(図6)。

【0025】なお、このときのSiNx膜8の膜厚は、SiNxの屈折率が1.75であり、素子の発振波長が850nmであるため、前記した式： $(2i+1)/4n$ において $i=0$ にしたときの値、すなわち121nmに設定した。ついで、上部電極7aの内側に位置しているSiNx膜に対してフォトリソグラフィーとRIEを適用することにより、その中心部に直径6μmの円形の小孔を穿設し他のSiNx膜8aは残してGaAs層6の表面を表出して出射窓6Aを形成し、図1で示した素子B1を製造した。これを実施例1とする。

【0026】また、小孔の孔径を10μmにして出射窓6Aを形成した。これを実施例2とする。また、上部電極7aの内側に位置しているSiNx膜に対し、中心部に直径6μmの部分8Bを残し、他の部分は全て除去することにより、外径15μm、内径6μmの円環形状をした出射窓6Bを形成し、図2で示した素子B2を製造した。これを実施例3とする。

【0027】いずれの実施例素子の場合も、基板1の裏面を研磨して全体の厚みを約100μmとしたのち、その研磨面にAuGeNi/Auを蒸着して下部電極7bが形成されている。なお比較のために、前記したAlAs層3cの酸化時間を約30分とすることにより当該AlAs層3cの酸化幅を大きくして電流注入経路3cの直径を約5μmにし、かつ、GaAs層6の上に直径15μmの開口部6Cを形成し、これを出射窓6aとする図11で示した素子Aを製造した。これを比較例1とする。また、実施例1の素子において、上部電極7aの内側に位置するSiNx膜を全て除去して直径15μmの開口部とし、これを出射窓6aとする素子Aを製造し

(5)

7

た。これを比較例 2 とする。以上、5 種類の素子における電流注入経路、出射窓の寸法形状を一括して表 1 に示す。

\*【0028】  
【表 1】

8

	柱状構造 の直径 ( $\mu\text{m}$ )	上部電極の寸法		電流注入 経路の直径 ( $\mu\text{m}$ )	出射窓の形状
		内径 ( $\mu\text{m}$ )	外径 ( $\mu\text{m}$ )		
実施例 1	3.5	1.5	2.5	1.5	直径 6 $\mu\text{m}$ の円形状
実施例 2	3.5	1.5	2.5	1.5	直径 10 $\mu\text{m}$ の円形状
実施例 3	3.5	1.5	2.5	1.5	外形 15 $\mu\text{m}$ 、内径 6 $\mu\text{m}$ の円環形状
比較例 1	3.5	1.5	2.5	5	直径 15 $\mu\text{m}$ の円形状
比較例 2	3.5	1.5	2.5	1.5	直径 15 $\mu\text{m}$ の円形状

#### 【0029】(2) レーザ素子の特性評価

1) まず、実施例 1 と比較例 1 における電流－電圧特性と電流－光出力特性を図 7 に示す。図中、実線は電流－電圧特性、破線は電流－光出力特性をそれぞれ表している。なお、実施例 1、比較例 1 のいずれにおいても発振モードは基本横モードであった。

【0030】図 7 から明らかなように、実施例 1 は比較例 1 に対比して動作電圧が低く、例えば 5 mA での動作電圧は約 1.8 V であり、比較例 1 の 2.4 V に比べてかなり低い。これは、実施例 1 の電流注入経路の直径は 1.5  $\mu\text{m}$  であり、電流注入経路の直径が 5  $\mu\text{m}$  である比較例 1 に比べてその箇所での抵抗が低くなっているからである。また、電流－光出力特性において、実施例 1 の場合はしきい値電流が比較例 1 に比べて若干高いとはいえ、電流が 10 mA 程度になるまで光出力は飽和することなく増加している。これは、電流注入経路近傍における抵抗が低いので発熱が抑制されることに基づく効果であると考えられる。

【0031】2) 次に実施例 2、3 と比較例 2 における電流－電圧特性と電流－光出力特性を図 8 にそれぞれ表す。図中、実線は電流－電圧特性、破線は電流－光出力特性をそれぞれ表している。図 8 から明らかなように、実施例 2、3 と比較例 2 との間では上記両特性に顕著な差異は認められない。そこで、実施例 2、3、比較例 2 の各素子につき、発光近視野像を観察してみた。動作電流 7 mA の場合の結果を図 9 に、動作電流 15 mA の場合の結果を図 10 にそれぞれ示した。

【0032】なお、図 9、図 10 において、像 a は実施例 2、像 b は実施例 3、像 c は比較例 2 の場合をそれぞれ示す。図 9、図 10 から明らかなように、比較例 2 の場合の像 c では外周部に多数の発光スポットが認められ、それが電流注入によってスイッチングしている。実施例 2 の像 a の場合は発光スポットが少なく、しかもそれらは中心部に集中している。そして、電流注入を大きくしてもスイッチング挙動を起こすことはなかった。

【0033】また実施例 3 の像 b の場合は、実施例 2 に比べると発光スポットの数が増加し、しかも全体として拡散している。しかしながら、実施例 3 の場合も、電流注入を大きくしてもスイッチング挙動を起こすことはな

かった。

#### 【0034】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明のレーザ素子は発振横モード制御が可能な面発光半導体レーザ素子であり、例えば低動作電圧で基本横モード発振するレーザ素子である。また、高次横モードで安定して発振する素子では、モードスイッチングによる雑音も低減する。したがって、この面発光半導体レーザ素子は並列データ伝送用の光源として使用可能であり、もって高速光データ通信システムの構築に貢献する。

【0035】また、本発明のレーザ素子における発振横モードの制御は、従来のように、電流狭窄構造の大小で制御するのではなく、全体の上面に形成する誘電体膜（透明な層）の平面視形状で制御するので、その設計自由度は高く、製造も容易であり、その製造コストも低減する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の面発光半導体レーザ素子の 1 例 B 1 の層構造を示す断面図である。

【図 2】本発明の面発光半導体レーザ素子の別の例 B 2 の層構造を示す断面図である。

【図 3】基板の上に形成された層構造に SiN<sub>x</sub> 膜とレジストマスクを形成した状態を示す断面図である。

【図 4】基板上に円柱構造を形成した状態を示す断面図である。

【図 5】図 4 の円柱構造に酸化処理を施したのちの状態を示す断面図である。

【図 6】図 5 の構造体に、上部電極と誘電体膜を形成した状態を示す断面図である。

【図 7】実施例 1 と比較例 1 における電流－電圧特性と電流－光出力特性を示すグラフである。

【図 8】実施例 2、3 および比較例 2 における電流－電圧特性と電流－光出力特性を示すグラフである。

【図 9】動作電流が 7 mA のときの実施例 2、3 および比較例 2 の発光近視野像である。

【図 10】動作電流が 15 mA のときの実施例 2、3 および比較例 2 の発光近視野像である。

【図 11】従来の面発光半導体レーザ素子の 1 例 A を示す断面図である。

(6)

9

10

## 【符号の説明】

- 1 基板
- 2 下部反射鏡層構造
- 3 a 下部クラッド層
- 3 b 上部クラッド層
- 3 c AlAs層
- 3 d 絶縁領域
- 3 e 電流注入経路
- 4 発光層
- 5 下部反射鏡層構造

6 GaAs層

6 a, 6 A, 6 B レーザ光の出射窓

6 C 開口部

7 a 上部電極

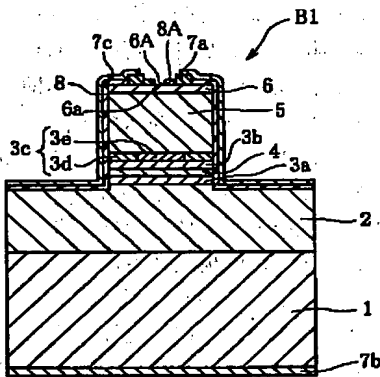
7 b 下部電極

7 c 電極引き出し用パッド

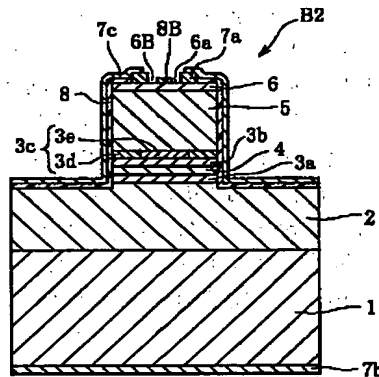
8, 8 a, 8 A, 8 B 誘電体膜 (レーザ光の発振波に対して透明な層)

9 レジストマスク

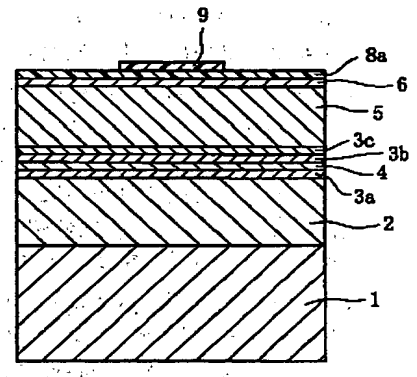
【図1】



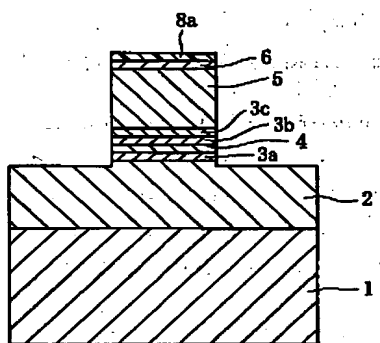
【図2】



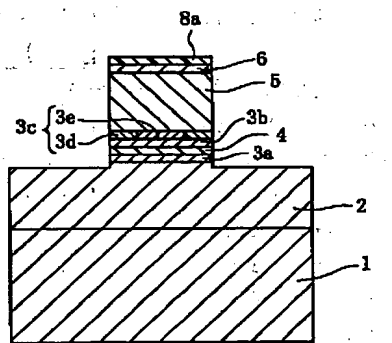
【図3】



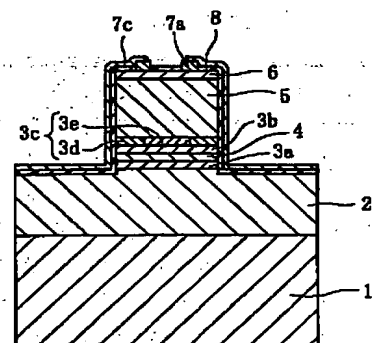
【図4】



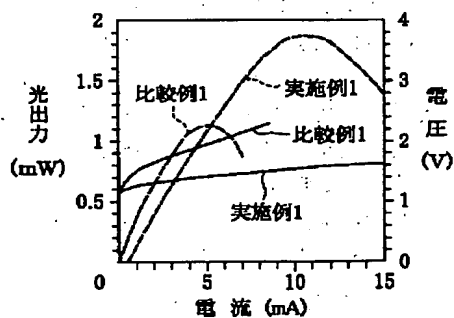
【図5】



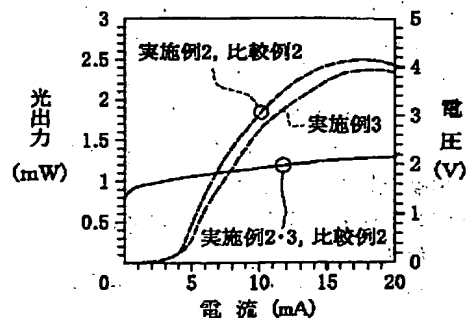
【図6】



【図7】

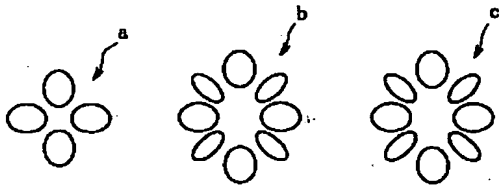


【図8】

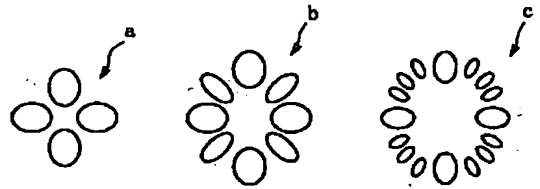


(7)

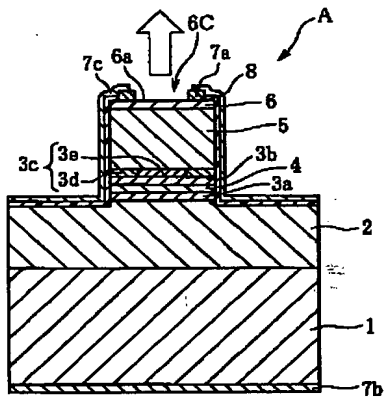
【図9】



【図10】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**